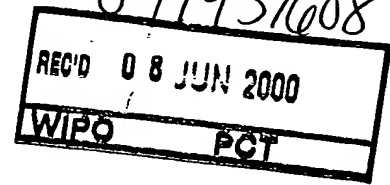


09/937608
PC 00/00915

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

DE 00 / 915



Bescheinigung

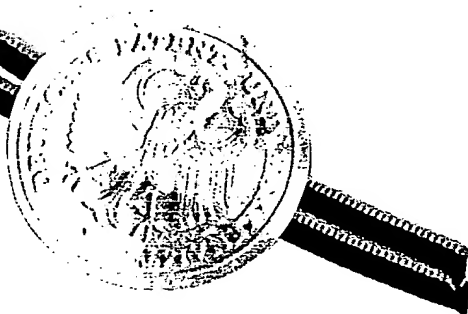
Die ROBERT BOSCH GMBH in Stuttgart/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Verfahren zur Synchronisation"

am 30. März 1999 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig die Symbole H 04 L und H 04 J der Internationalen Patentklassifikation erhalten.



München, den 26. April 2000

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Dzierzon

Aktenzeichen: 199 14 600.4

30.03.99-Sk/Mv

5

Verfahren zur Synchronisation

10

Stand der Technik

15

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Synchronisation eines oder mehrerer Empfänger auf einen Sender innerhalb eines Übertragungssystems unter Verwendung eines Datenstromes mit Schutzintervallen insbesondere für den Ausgleich von Mehrwegeausbreitung sowie von einem Sender zur Aufbereitung einer Synchronisationsfolge und einem Empfänger zur Auswertung dieser Synchronisationsfolge und einem Kommunikationssystem.

20

Es wird beispielsweise davon ausgegangen, daß ein Sender einen oder mehrere Empfänger bedient. Der Sender sendet zu einem Zeitpunkt ein oder mehrere Pakete an die Empfänger.

30

In einem Übertragungssystem, welches insbesondere OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) verwendet, stellt sich das Problem der Synchronisation. Bei der OFDM-Übertragung werden die Sendesymbole auf mehrere Unterträger im Frequenzbereich durch eine im allgemeinen digitale Modulationsart aufmoduliert [1]. Die Unterträger werden dann in Summe mit einer IFFT (Inverse Fast Fourier Transformation) in den Zeitbereich transformiert und anschließend ausgesendet.

35

Im Empfänger ist es notwendig einige Informationen über das gesendete Signal zu rekonstruieren, insbesondere den Blockbeginn und die Frequenzablage.

5 Zur Ermittlung des Blockbeginns muß die zeitliche Lage des zu empfangenden Signals bekannt sein. Für diesen Zweck wird meist ein zweistufiges Verfahren verwendet, demgemäß zuerst eine grobe und anschließend eine feine Detektion des Blockbeginns nacheinander durchgeführt werden.

10

Im Normalfall hat der Empfänger eine Frequenzablage gegenüber dem Sender. Im Falle von OFDM ist diese Ablage besonders kritisch, weil es dadurch zu einer Störung der Orthogonalität kommen kann, die zu erhöhten Bitfehlern führt. Die Frequenzsynchronisation dient dazu, diese Frequenzdifferenz zu korrigieren.

15

Um in einem Kommunikationssystem mit Übertragung relativ kurzer Datenpakete eine Synchronisation zu erreichen, werden einem Übertragungsburst gemäß [2], [3] und [4] zwei identische Synchronisationssymbole, insbesondere OFDM-Symbole vorangestellt, die zweimal mit einem vorgegebenen Abstand ausgesendet werden. Die Position dieser Signale kann durch Auswertung der Metrik bestimmt werden.

20

Zur Vermeidung von Intersymbol-Interferenzen (ISI) wird im Zusammenhang mit der OFDM-Übertragungstechnik häufig ein Schutzintervall im Sender eingefügt, dessen Länge an die Dauer der Kanalimpulsantwort angepaßt ist. Damit im Empfänger auch tatsächlich keine Störung durch zeitlich benachbarte Symbole auftreten, muß der Einschwingzeitpunkt, das heißt der Beginn des ISI-freien Signalabschnittes, vor der Datenauswertung im Empfänger ermittelt werden. Die Ermittlung dieses Zeitpunktes wird als Block- oder Symbolsynchronisation bezeichnet. Wenn die Impulsantwort des

30

35

vorliegenden Kanals kürzer ist als das Schutzintervall, muß die Blocksynchronisation nicht genau den Beginn des eingeschwungenen Zustands ermitteln, sondern es ergibt sich ein zulässiges Synchronisationsintervall.

5

Vorteile der Erfindung

Mit den Maßnahmen gemäß Anspruch 1 läßt sich die Genauigkeit der Synchronisation gegenüber bekannten Verfahren wesentlich verbessern. Während die bekannten Verfahren eigentlich nur zu einer groben Blocksynchronisation verwendbar sind, liefert das Verfahren nach der Erfindung recht genaue Ergebnisse sowohl hinsichtlich einer feinen Block- als auch einer Frequenzschätzung. Die erfindungsgemäße Lösung eignet sich vorteilhaft für OFDM als Übertragungsverfahren. Wenn eine kohärente Demodulation vorgesehen ist, kann die Synchronisationsfolge zur Blocksynchronisation und Schätzung der Frequenzablage auch zur Schätzung der Kanalimpulsantwort verwendet werden.

10

15

20

Der Implementierungsaufwand für das Verfahren nach der Erfindung ist kaum höher als bei bekannten Verfahren, liefert aber eine erhöhte Genauigkeit der Schätzung insbesondere der Frequenzablage.

Das Verfahren nach der Erfindung bzw. ein entsprechender Sender und Empfänger eignet sich vorteilhaft zum Einsatz in Funksystemen, und zwar in normalen bidirektionalen Kommunikationssystemen mit variabler Rollenverteilung von Sender und Empfänger als auch in Rundstrahlssystemen, in denen die Rollen von Sender und Empfänger statisch über der Zeit sind.

30

Als Übertragungsmedium kann außer Funk auch eine leitungsgebundene Übertragung vorgesehen sein,

35

beispielsweise über Koaxialkabel oder über geschirmte oder ungeschirmte Adernpaare eines Leitungsnetzes. Auch in Hybridkommunikationssystemen, daß heißt mit Funkkomponenten, leitungsgebundenen Komponenten und/oder Lichtquellenleiter-Komponenten, ist die Erfindung vorteilhaft einsetzbar.

Als Modulationsart eignet sich insbesondere OFDM. Aber auch in Systemen ohne OFDM, wo Übertragungsverfahren verwendet werden, in denen ein Schutzintervall für den Ausgleich von Mehrwegeausbreitung vorgesehen ist, kann die Erfindung vorteilhaft zum Einsatz kommen.

Zeichnungen

Anhand der Zeichnungen werden Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 ein Funknetz mit einem Sender und mehreren Empfängern,

Figur 2 den Aufbau einer Synchronisationsfolge nach dem Stand der Technik,

Figur 3 den Aufbau einer Synchronisationsfolge nach der Erfindung,

Figur 4 den Aufbau einer Synchronisationsfolge mit Präambel,

Figur 5 ein Blockschaltbild eines Senders nach der Erfindung,

Figur 6 ein Blockschaltbild eines Empfängers nach der Erfindung.

Beschreibung von Ausführungsbeispielen

Bevor auf die eigentliche erfindungsgemäße Realisierung eingegangen wird, wird zum besseren Verständnis die Synchronisation nach dem Stand der Technik erläutert.

Es wird für die folgenden Betrachtungen davon ausgegangen, daß gemäß Figur 1 ein Sender S eines Teilnehmers mehrere Empfänger E1, E2, E3 anderer Teilnehmer bedient.

5 Der Sender S eines Teilnehmers sendet im Moment ein oder mehrere Datenpakete an die Empfänger E1, E2, E3, deren Dauer konstant oder variabel sein kann. Die Situation kann sich allgemein auch derart ändern, daß dynamisch einer der Teilnehmer vom Empfangsbetrieb später auf Sendebetrieb
10 umschaltet und ein sendender Teilnehmer und/oder die anderen empfangenden Teilnehmer dann im Empfangsbetrieb arbeiten.

Es wird weiter davon ausgegangen, daß als Übertragungsverfahren OFDM verwendet wird, vergleiche
15 [1], [3], [4]. Dazu werden die Sendesymbole auf mehrere Unterträger im Frequenzbereich durch eine im allgemeinen digitale Modulationsart aufmoduliert. Die Unterträger werden dann in Summe mit einer IFFT (Inverse Fast Fourier Transformation) in den Zeitbereich transformiert und
20 anschließend ausgesendet.

Da in einem Kommunikationssystem nur kurze Datenpakete übertragen werden, ist eine schnelle Synchronisation dringend erforderlich. Dies ist nur mit Hilfe eines speziellen Synchronisationssymbols zu erreichen, das dem Datenpaket im Sender vorangestellt wird.

Ein bekanntes Verfahren zur Blocksynchronisation, vergleiche
30 [2] und [3], ist die Auswertung eines Signals $A = \{r_i\}$ der Länge N, das zweimal mit dem Abstand P versendet wird, siehe Figur 2. Die Position dieses Signals kann durch Auswertung der Metrik:

$$\begin{aligned}\lambda(i, N, P) &= \min_{\varphi} \left\{ \sum_{j=0}^{N-1} |r(i+j) - r(i+j+P)e^{j\varphi}|^2 \right\} \\ &= \min_{\varphi} \left\{ \sum_{j=0}^{N-1} |r(i+j)|^2 + |r(i+j+P)|^2 - 2 \operatorname{Re} \{ r(i+j)r^*(i+j+P)e^{-j\varphi} \} \right\} \\ &= \sum_{j=0}^{N-1} [|r(i+j)|^2 + |r(i+j+P)|^2] - 2 \left| \sum_{j=0}^{N-1} r(i+j)r^*(i+j+P) \right| \\ &= E(i, N, P) - 2|w(i, N, P)|\end{aligned}$$

bestimmt werden.

Das Kriterium für den Blockbeginn ist gegeben durch den Index i , bei dem die Metrik ihre minimale Phase aufweist:
 $i_{\text{start}} = \arg \min_i \lambda(i, N, P)$

Die Blocksynchronisation im OFDM-System soll anhand der periodischen Präambel auf den interferenzfreien Bereich der folgenden Datenblöcke schließen. Dazu wird das Korrelationsfenster gegenüber der Sequenzlänge um die Länge des Schutzintervalls verkürzt.

Dieses zuvor beschriebene Verfahren wird eigentlich zur groben Blocksynchronisation verwendet. Daher liefert es prinzipbedingt nur recht ungenau Ergebnisse sowohl hinsichtlich einer feinen Block- als auch Frequenzschätzung.

Der Sender S gemäß Figur 1 fügt eine spezielle Synchronisationsfolge insbesondere zu Beginn der Aussendung in den Datenstrom ein, die im Empfänger dazu dient, die zeitliche Lage des zu empfangenden Signals und/oder die Frequenzablage zwischen Sender und Empfänger zu schätzen. Die Synchronisationsfolge wird erfindungsgemäß folgendermaßen gebildet:

- es werden zwei verschiedene Symbolsequenzen A und B gleicher Länge L_1 mit idealerweise günstigen

Autokorrelations-Eigenschaften ausgewählt. Im Falle von OFDM können dies OFDM-Symbole sein, die die gleiche oder verschiedene Länge wie ein normales Datensymbol haben,

- 5 - die beiden Symbolsequenzen A und B werden immer so ausgesendet, das abwechselnd zweimal A und zweimal B ausgesendet wird, gemäß Figur 3. Die Indizes bei den Symbolsequenzen A und B bezeichnen dabei das Auftreten der Folgen A und B.

10

Die zeitliche Lage des zu empfangenden Signals zwischen Sender S und Empfänger E wird aus einem Verbundterm, insbesondere der Gesamtmetriks, der verschiedenen Symbolsequenzen, hier der Symbolsequenzpaare innerhalb eines vorgegebenen Intervalls, ermittelt.

15

Dann ergibt sich im Empfänger die Gesamtmetriks λ_s aus der Summe der Einzelmetriks λ über alle gleichartigen Sequenzpaare (A_l, A_m) bzw. (B_l, B_m) mit $1 \leq l, m \leq M$ und $m > l$ zu:

20

$$\lambda_s(i) = \sum_{(A_l, A_m) \in M_A} \lambda(i + S(A_l, A_m), L_l, \Delta(A_l, A_m)) + \sum_{(B_l, B_m) \in M_B} \lambda(i + S(B_l, B_m), L_l, \Delta(B_l, B_m))$$

In dieser Gleichung bezeichnet $S(X, Y)$ den relativen Startindex für das Signalintervall X und $\Delta(X, Y)$ den Abstand der beiden Signalpaare X, Y.

Es wird derjenige Index i_{start} als Blockbeginn ausgewählt,

30

der die Metriks λ_s innerhalb eines von der

Rahmensynchronisation vorgegebenen Intervalls I_{RS} minimiert:

$$i_{start} = \arg \min_{i \in I_{RS}} \lambda_s(i)$$

Bei der Frequenzschätzung ergibt sich das Problem, daß die Phasendrehung zwischen zwei gleichartigen Symbolen (A_1, A_m) bzw. (B_1, B_m) 360° überschreiten kann, so daß die resultierende Vieldeutigkeit zunächst aufgelöst werden muß. Als Referenzfrequenz f_{ref} hierfür kann die geschätzte Frequenzlage f_o aus der Phasendrehung $\hat{\phi}_{o1}$ jeweils zwei benachbarter periodischer Abschnitte herangezogen werden, da hier der Fangbereich mit $|f_o| < f_a / (\pi L_1)$ am größten ist, wobei

$$f_{ref} = \hat{f}_{o1} = \frac{f_a \cdot \hat{\phi}_{o1}}{2\pi L_1}$$

mit

$$\hat{\phi}_{o1} = \arg \left\{ \sum_{l=1,3,5,\dots}^{M-1} w(i_{start} + S(A_l, A_{l+1}), L_1, L_1) + w(i_{start} + S(B_l, B_{l+1}), L_1, L_1) \right\}.$$

Um eine möglichst sichere Frequenzschätzung zu erzielen, sollten auch hier die Phasendrehungen auf allen anderen Intervall-Paaren (A_1, A_m) bzw. (B_1, B_m) berücksichtigt werden. Seien $M_{A\delta} \subset M_A$ und $M_{B\delta} \subset M_B$ die Menge aller Paare (A_1, A_m) bzw. (B_1, B_m) mit gleichem Abstand $\Delta(A_1, A_m)$ bzw. $\Delta(B_1, B_m)$ und sei δ_{max} die Anzahl unterschiedlicher Mengen $M_{A/B\delta1}$, dann ergibt sich insgesamt für den Schätzwert der Frequenzablage \hat{f}_o :

$$\hat{f}_o = \sum_{\delta=1}^{\delta_{max}} c_\delta \cdot \hat{f}_{o\delta} = \sum_{\delta=1}^{\delta_{max}} c_\delta \frac{f_a \cdot \hat{\phi}_{o\delta} \cdot e^{-jV(\hat{\phi}_{o1}, \hat{\phi}_{o\delta})}}{2\pi\delta(A_l, A_m \in M_{A,\delta})}$$

wobei

$$\hat{\phi}_{o\delta} = \arg \left\{ \sum_{(A_l, A_l) \in M_{A,\delta}} w(i_{start} + S(A_l, A_m), L_1, \Delta(A_l, A_m)) + \sum_{(B_l, B_l) \in M_{B,\delta}} w(i_{start} + S(B_l, B_m), L_1, \Delta(B_l, B_m)) \right\}$$

Die Koeffizienten c_δ sind Wichtungsfaktoren, mit denen die unterschiedlichen Rauschleistungen, die den

Phasenschätzwerten überlagert sind, berücksichtigt werden. Sie ergeben sich einerseits aus der Anzahl Sequenzpaare, die berücksichtigt werden, andererseits aus dem Abstand (X,Y) der Frequenzpaare. Die Funktion $v(\hat{\phi}_{o1}, \hat{\phi}_{o\delta})$ löst die Vieldeutigkeit der Phase $\hat{\phi}_{o\delta}, \delta > 1$ anhand des zuvor ermittelten Phasenschätzwertes $\hat{\phi}_{o1}$ auf.

Die angegebenen Symbole können erfindungsgemäß auch zur Kanalschätzung herangezogen werden, wenn sie im Sender und Empfänger bekannt sind. Zu diesem Zweck werden die Synchronisationssymbole nach erfolgter Frequenzkorrektur im Empfänger FFT-prozessiert und die Amplituden- und Phasengewichte der einzelnen Unterträger bestimmt. Wenn die Synchronsignale (A bzw. B) kürzer sind als ein normales OFDM-Symbol, müssen die Phasen- und Amplitudengewichte der nicht übertragenen Unterträger durch Interpolation ermittelt werden. Die Tatsache, daß mehrere bekannte Synchronsymbole verwendet werden, kann dazu ausgenutzt werden, eine Mittellung der Kanalparameter über die bekannten Symbole durchzuführen, um damit die Genauigkeit der Kanalschätzung zu erhöhen.

Es soll nun angenommen werden, daß der Sender jeder Synchronisationsfolge eine Präambel nach Figur 4 voranstellt. Der erfindungsgemäßen Synchronisationsfolge wird eine Präambel vorangestellt, die dazu dient, die Gain control des Empfängers richtig einzustellen, um die Analog-Digital-Umsetzer im Empfänger voll auszusteuern. Das sich anschließende Synchronisationssymbol besteht aus der Sequenz AABBA.

Die Metrik für die Blocksynchronisation wird in diesem Fall folgendermaßen berechnet:

$$\lambda_5(i) = \lambda(i, L_1, L_1) + \lambda(i, L_1, 4L_1) + \lambda(i, L_1, 5L_1) + \lambda(i + L_1, L_1, 3L_1) \\ + \lambda(i + L_1, L_1, 4L_1) + \lambda(i + 4L_1, L_1, L_1) + \lambda(i + 2L_1, L_1, L_1)$$

Die Einzelmetriken entsprechen den Paaren (A_1, A_2) (A_1, A_3) (A_1, A_4) , (A_2, A_3) , (A_2, A_4) , (A_3, A_4) , (B_1, B_2) Der Startwert für den Block ist:

$$i_{start} = \arg \min_i \lambda_5(i)$$

Für die Frequenzsynchronisation wird die Frequenzablage f_0 folgendermaßen berechnet:

$$\hat{\phi}_{01} = \arg \{ w(i_{start}, L_1, L_1) + w(i_{start} + 2L_1, L_1, L_1) + w(i_{start} + 4L_1, L_1, L_1) \},$$

$$\hat{\phi}_{02} = \arg \{ w(i_{start}, L_1, 4L_1) + w(i_{start} + L_1, L_1, 4L_1) \}$$

$$\hat{f}_0 = \frac{f_a}{2\pi} \left(c_1 \frac{\hat{\phi}_{01}}{L_1} + c_2 \frac{\hat{\phi}_{02} e^{-j\nu(\hat{\phi}_{01}, \hat{\phi}_{02})}}{4L_1} \right)$$

Eine mögliche Realisierung des Senders ist in Figur 5 gezeigt. Ein OFDM-Sender, das heißt dessen Codier- bzw. Modulationseinrichtung CM, wird mit einer Bitfolge gespeist. Es folgt die übliche Prozessierung mit IFFT (Inverse Fast Fourier Transformation), parallel-seriell Wandlung P/S sowie das Einfügen des Schutzintervalls SI durch periodische Fortsetzung (vergleiche [1]). Anschließend wird zu Beginn einer jeden Aussendung die Synchronisationsfolge aus einem Speicher SP ausgelesen und zusammen mit der Präambel nach Figur 4 mittels der Einblendeinrichtung EB eingefügt. Das Signal wird digital-analog (D/A) umgesetzt und dem Sendefrontend SF übergeben, wo es gegebenenfalls in eine andere Frequenzlage hochgemischt und über eine Antenne ausgesendet wird. Das Einfügen der Synchronisationsfolge geschieht in der Realisierung in Figur 5 nach der IFFT, so daß im Speicher SP das Zeitsignal der Synchronisationsfolge vorliegen muß. Unter bestimmten Bedingungen ist es aber

genauso gut möglich, die Synchronisationsfolge vor der IFFT einzufügen und durch die IFFT prozessieren zu lassen.

5 Eine mögliche Realisierung des Empfängers ist in Figur 6
gezeigt. Im Empfänger gelangt das ins Basisband gemischte
und analog-digital umgesetzte Signal in einen Abtastspeicher
AS. Auf diesen Abtastspeicher AS kann die
Synchronisationsvorrichtung SY zugreifen, um die
10 Blocksynchronisation, Frequenzsynchronisation und
Kanalschätzung durchzuführen. Nach erfolgreicher
Blocksynchronisation wird eine Fensterungseinheit BS
angesprochen, die die richtigen Werte aus dem
Abtastpufferspeicher liest. Anschließend wird eine
Frequenzkorrektur in der Mischeinrichtung FS mit der
15 ermittelten Frequenzablage durchgeführt. Nach der seriell-
parallel Umsetzung S/P und der FFT-Prozessierung werden die
von der Kanalschätzung ermittelten Kanalparameter zur
Demodulation und Dekodierung DM verwendet.

20 Nachfolgend werden Alternativen zur Realisierung des
erfindungsgemäßen Verfahrens vorgestellt:

- Beim Berechnungsverfahren für die Gesamtmetriken ist es
auch möglich, nicht alle möglichen Paare zu
berücksichtigen. Im Ausführungsbeispiel würde sich die
Berechnungsvorschrift für die Blocksynchronisation
beispielsweise folgendermaßen ändern:

$$\lambda_s(i) = \lambda(i, L_1, L_1) + \lambda(i, L_1, 4L_1) + \lambda(i + L_1, L_1, 4L_1) + \lambda(i + 4L_1, L_1, L_1) + \lambda(i + 2L_1, L_1, L_1)$$

30 Die Einzelmetriken würden in diesem Fall den Paaren $(A_1,$
 $A_2)$, (A_1, A_3) , (A_2, A_4) , (A_3, A_4) , (B_1, B_2) entsprechen.

Gleichermaßen ist es möglich, beim Berechnungsverfahren
für die Frequenzablage nur einen Teil der möglichen

Winkelablagen bei der Berechnung der Gleichung für φ_{0s} zu verwenden.

- 5 - Es ist unter Umständen günstig, Schutzintervalle vor den einzelnen Frequenzpaaren einzufügen. Wenn S ein Schutzintervall beliebiger Länge ist (im allgemeinen die periodische Fortsetzung eines Symbols), ergibt sich damit beispielhaft die Folge SAASBBSAA. Die oben beschriebenen Berechnungsvorschriften gelten sinngemäß, wobei die
- 10 Schutzintervalle nicht ausgewertet werden.
- 15 - Gemäß dem zuvor beschriebenen Verfahren werden die Signalfolgen A und B jeweils paarweise mehrere Male nacheinander versendet. Die Verfahren für Block- und Frequenzsynchronisation lassen sich analog auch
- 20 verwenden, wenn die Signalfolgen einzeln hintereinander folgen, zum Beispiel die Folge ABAB. Ebenso ist es möglich, die Folgen A und B nicht paarweise, sondern jeweils mehr als zweimal einzufügen. Eine beispielhafte Folge für je dreifaches Auftreten wäre AAABBBAAA. Die oben angegebenen Berechnungsvorschriften gelten sinngemäß.

Darüberhinaus ist es möglich, mehr als zwei verschiedene Signalfolgen zu verwenden, beispielsweise 3 verschiedene Signalfolgen A, B und C. Die Regel in diesem Fall wäre, daß mindestens eine Signalfolge als Paar mit einem Abstand von mehr als einem weiteren Paar anderer Signalfolgen zum Synchronsymbol zusammengesetzt werden.

30 Es ist auch möglich, die verschiedenen Signalfolgen nicht direkt hintereinander, sondern mit einem gewissen Abstand voneinander auszusenden.

Das vorgestellte Verfahren geht davon aus, daß die

35 verschiedenen Signalfolgen jeweils die gleiche Länge haben.

Es ist auch möglich, verschiedene Signalfolgen A und B zu verwenden, die verschiedene Länge haben. Die Berechnungsvorschriften gelten sinngemäß und müssen im Detail für diesen Zweck angepaßt werden.

5

Literatur:

- [1] W. Zou, Y.Wu, „COFDM: an Overview“, IEEE Transactions on Broadcasting, Vol 41, No. 1, März 1995
- [2] Chevillat, P.R., Mainwald, D., Ungerboeck, G. (1987) Rapid Training of a Voiceband Data-Modem Receiver Employing an Equalizer with Fractional-T Spaced Coefficients, IEEE Trans.on Communications 35(9), 869-876
- [3] Müller-Weinfurtner, S.H. (1998) On the Optimality of Metrics for Coarse Frame Synchronization in OFDM a Comparison, 9th IEEE PIMRC`98
- [4] Müller-Weinfurtner, S.H., Rößler, J.F., Huber, J.B. (1998) Analysis of a Frame- and Frequency Synchronizer for Bursty OFDM, Proceedings of the 7th CTMC at IEEE Globecom `98, pp.201-206

10

15

20

2

30.03.99 Sk/Mv

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

Verfahren zur Synchronisation

10

Ansprüche

15

1. Verfahren zur Synchronisation eines oder mehrerer Empfänger auf einen Sender innerhalb eines Übertragungssystems unter Verwendung eines Datenstromes mit Schutzintervallen insbesondere für den Ausgleich von Mehrwegeausbreitung mit folgenden Maßnahmen:

20

- Der Sender (S) fügt eine spezielle Synchronisationsfolge in den Datenstrom insbesondere zu Beginn der Aussendung ein, die dazu geeignet ist, die zeitliche Lage des zu empfangenden Signals und/oder die Frequenzablage zwischen Sender (S) und Empfänger (E) zu schätzen,

- die Synchronisationsfolge wird aus mindestens zwei verschiedenen Symbolsequenzen (A, B) gebildet, die abwechselnd periodisch ausgesendet werden,

30

- die zeitliche Lage des zu empfangenden Signals und/oder die Frequenzablage zwischen Sender (S) und Empfänger (E) wird aus einem Verbundterm der verschiedenen Symbolsequenzen (A, B) innerhalb eines vorgegebenen Intervalls ermittelt.

35

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem OFDM-Übertragungssystem die Symbolsequenzen (A, B) aus OFDM-Symbolen bestehen, die gleiche oder verschiedene Längen wie ein übliches Datensymbol haben.

5

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Symbolsequenzen (A, B) mindestens paarweise jeweils abwechselnd gesendet werden.

10

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei mehr als zwei verschiedenen Symbolsequenzen mindestens eine Symbolsequenz als Paar mit einem Abstand von mindestens einem weiteren Paar einer anderen Symbolsequenz zur Synchronisationsfolge zusammengesetzt wird.

15

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß Schutzintervalle vor den einzelnen Symbolsequenzpaaren (AA, BB, AA,...) vorgesehen sind.

20

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zu einer Blocksynchronisation die Gesamtmetriken der als Synchronisationsfolge verwendeten Symbolsequenzen herangezogen wird und als Blockbeginn derjenige Index ausgewählt wird, der die Gesamtmetriken innerhalb des vorgegebenen Intervalls minimiert.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das vorgegebene Intervall vom Rahmenaufbau des Datenstromes bestimmt wird.

30

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß zur Schätzung der Frequenzablage die Phasendrehung von jeweils zwei benachbarten gleichartigen Signalabschnitten ermittelt wird.

35

5 9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Phasendrehungen anderer gleichartiger Signalabschnitte ebenfalls ermittelt werden und die gesamte Frequenzablage durch Mittelung über die so gewonnenen Phasendrehungen geschätzt wird.

10 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Symbolsequenzen zur Kanalschätzung für eine kohärente Demodulation herangezogen werden, indem die Symbolsequenz nach erfolgter Frequenzkorrektur im Empfänger einer FFT-Transformation (Fast Fourier Transformation) unterzogen werden und die Amplituden und Phasengewichte der
15 einzelnen Unterträger bestimmt werden.

20 11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanalparameter durch Mittelung über die verschiedenen Symbolsequenzen (A, B) geschätzt werden.

25 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Synchronisationsfolge eine Präambel (P) vorangestellt wird, die insbesondere dazu vorgesehen ist, die Amplitudenregelung (GC) des Empfängers (E) einzustellen.

30 13. Sender (S) zur Aufbereitung einer Synchronisationsfolge für mindestens einen Empfänger (E) innerhalb eines Übertragungssystems unter Verwendung eines Datenstromes mit Schutzintervallen insbesondere für den Ausgleich von Mehrwegeausbreitung mit folgenden Merkmalen:

- einer Codier- bzw. Modulationseinrichtung (CM),
- einer Einblendeinrichtung (EB) für eine
35 Synchronisationsfolge, die aus mindestens zwei

verschiedenen Symbolsequenzen (A, B), gebildet wird, wobei die Einblendeinrichtung (EB) so ausgebildet ist, daß eine abwechselnd periodische Einfügung der Synchronisationsfolge in den von der Codier- bzw. Modulationseinrichtung (CM) aufbereiteten Datenstrom ausführbar ist,

- einer mit der Einblendeinrichtung (EB) in Wirkverbindung stehenden Speichereinrichtung (SP) für die verschiedenen Symbolsequenzen bzw. deren Verknüpfung.

14. Empfänger (E) zum Empfang und zur Auswertung einer Synchronisationsfolge, die von einem Sender (S) innerhalb eines Übertragungssystems aussendbar ist unter Verwendung eines Datenstromes mit Schutzintervallen insbesondere für den Ausgleich von Mehrwegeausbreitung mit folgenden Merkmalen:

- einem Abtastspeicher (AS) für einen empfangenen Datenstrom,
- einer Synchronisationsauswerte-Einrichtung (SY) die mit dem Abtastspeicher (AS) in Wirkverbindung steht, und die geeignet ist, eine Synchronisationsfolge bestehend aus mindestens zwei verschiedenen Symbolsequenzen (A, B), die abwechselnd periodisch aussendbar sind, bezüglich der zeitlichen Lage und/oder Frequenzablage innerhalb eines vorgegebenen Intervalls auszuwerten und entsprechende Empfangseinheiten zur Blocksynchronisation (BS), Frequenzsynchronisation (FS) und/oder Kanalschätzung (KS) zu steuern.

15. Kommunikationssystem unter Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12, oder einer Anordnung nach Anspruch 13 oder 14, welches als

Funkkommunikationssystem, leitergebundenes
Kommunikationssystem oder als
Hybridkommunikationssystem, daß heißt als
Kommunikationssystem mit Funkkomponenten,
5 Lichtwellenleiterkomponenten und/oder leitergebundenen
Komponenten, ausgebildet ist und bei welchen Teilnehmern
jeweils ein Sender und ein Empfänger zugeordnet ist mit
variablen Sende- und Empfangsbetrieb.

10 16. Rundsendekommunikationssystem unter Verwendung des
Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12 oder einer
Anordnung nach Anspruch 13 oder 14, welches als
Funkkommunikationssystem, leitergebundenes
Kommunikationssystem oder als
15 Hybridkommunikationssystem, das heißt als
Kommunikationssystem mit Funkkomponenten,
Lichtwellenleiterkomponenten und/oder leitergebundenen
Komponenten ausgebildet ist, und bei welchem die
Zuordnung von Sende- und Empfangsbetrieb fest vorgegeben
20 ist.

30.03.99 Sk/Mv

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

Verfahren zur Synchronisation

10

Zusammenfassung

15

Zur Synchronisation eines oder mehrerer Empfänger (E) auf einen Sender (S) innerhalb eines Übertragungssystem fügt der Sender (S) eine spezielle Synchronisationsfolge in den Datenstrom ein. Die Synchronisationsfolge wird aus mindestens zwei verschiedenen Symbolsequenzen (A, B) gebildet, die abwechselnd periodisch ausgesendet werden.

20

Figur 3

